

**MATERIAL PERUBAH FASA BERBASIS *Ethylene Propylene Diene Monomer*
(EPDM) UNTUK PENYIMPANAN ENERGI PANAS**

Isra Adelya Izzati¹

¹Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B. Aceh-Medan Km. 280 NBuketrata 24301 INDONESIA

israadelyaizzati@gmail.com

ABSTRAK

Bahan pengubah fasa banyak digunakan sebagai kapasitor termal dalam sistem panas matahari. Untuk pemanfaatan panas matahari, material pengubah fasa harus memiliki entalpi yang besar, konduktivitas termal, sifat mekanik yang baik, dan kinerja foto-termal. Bahan perubahan fasa dengan bahan karbon dapat langsung menyerap energi matahari dan ditransfer ke air untuk pemanas gedung. bahan pengubah fase berbasis *Ethylene-Propylene-Diene Monomer* (EPDM) dengan grafit yang diperluas disiapkan. Selain itu, mekanisme konversi foto-termal bahan perubahan fasa jarang dilaporkan. Di sini, tingkat pengisian energi foto-termal dan efisiensi foto-termal bahan perubahan fasa diselidiki dengan metode gabungan numerik dan eksperimental. SiO₂ aerogel pertama kali digunakan sebagai insulator termal dalam sistem panas matahari dengan transmisi tinggi dan konduktivitas termal rendah. Bahan perubahan fasa dengan SiO₂ aerogel bisa menahan panas yang hilang di permukaan. Bahan perubah fasa memiliki kinerja foto-termal yang baik dalam sistem panas matahari, bisa panaskan lebih dari 200 L air panas di siang hari.

Kata kunci : Bahan Perubah Fasa, EPDM, Foto Termal

ABSTRACT

Material modifier phase Lots used as capacitor thermal in system hot sun. For utilization hot sun, material modifier phase must have enthalpy that big, conductivity thermal, nature mechanics that good, and performance photo-thermal. material change phase with ingredient carbon could live absorb energy sun and transferred to water for heating building. ingredient modifier phase based *Ethylene-Propylene-Diene Monomer* (EPDM) with graphite that expanded prepared. Besides that, mechanism conversion photo-thermal ingredient change phase rarely reported. In here, level charging energy photo-thermal and efficiency photo-thermal ingredient change phase investigated with method combined numeric and experimental. SiO₂ airgel first time used as insulator thermal in system hot sun with transmission high and conductivity thermal low. material change phase with SiO₂ airgel can hold back hot that lost in surface. material modifier phase have performance photo-thermal that good in system hot sun, can heat more from 200 L water hot in noon day.

Keywords: Phase Change Material, EPDM, Photo Thermal

PENDAHULUAN

1.1 Landasan Teori

1.1.1 Phase Change Material

PCM adalah jenis material TES di mana panas laten diserap atau dilepaskan selama perubahan fasa material. Mereka dapat membantu dalam mengatur suhu lingkungan dalam kisaran tertentu yang mendekati suhu transisi mereka. Suatu ketika suhu lingkungan meningkat lebih dari suhu leleh PCM, ikatan kimia dalam material putus menyebabkan material menyerap panas tambahan, sementara keadaannya berubah dari padat menjadi cair. Pada sisi lain, setelah suhu turun di bawah suhu beku PCM, material melepaskan energi dan, Oleh karena itu, perubahan kembali ke keadaan padat (Konuklu, Y, dkk, 2015).

Suhu transisi fase material (suhu leleh dan beku) jika sesuai dengan suhu kenyamanan yang dibutuhkan di gedung, ini dapat membantu menjaga lingkungan termal dalam ruangan dalam kondisi yang nyaman dan mengurangi total jam ketidaknyamanan termal dengan menyerap panas ekstra dan, dengan demikian, mengurangi pemanasan dan / atau beban pendinginan. Keuntungan menggunakan PCM terletak dalam kemampuan lapisan tipis PCM untuk menyimpan panas dalam jumlah besar.

Materi perubahan fase sangat meningkatkan kapasitas penyimpanan material, yang dapat menyimpan kepadatan yang lebih tinggi energi panas dengan perubahan suhu yang lebih kecil. Suhu turun di bawah suhu beku PCM, bahan melepaskan energi dan, Oleh karena itu, perubahan kembali ke keadaan padat. Jika suhu transisi fasa material (suhu leleh dan suhu beku) sesuai dengan suhu kenyamanan yang dibutuhkan di gedung, itu bisa membantu menjaga lingkungan termal dalam ruangan dalam kondisi nyaman dan mengurangi total jam ketidak-nyamanan termal

dengan menyerap panas ekstra dan, dengan demikian, mengurangi pemanasan dan / atau beban pendinginan (Akeiber, H, dkk, 2016), (Konuklu, Y, dkk, 2015).

Material perubahan fasa (PCM) adalah material fungsional yang dapat mengubah fisik untuk menyimpan dan melepaskan energi panas selama proses pemanasan dan pendinginan. PCM dapat di klasifikasi kan menjadi PCM solid-solid, solid-liquid, solid-gas, dan liquid-gas menurut mekanisme transisi fase. Diantaranya, PCM padat-cair paling banyak digunakan karena panas latennya yang besar dan perubahan volumetrik yang kecil selama transisi fase. PCM padat-cair terutama mencakup PCM organik (seperti parafin, asam lemak), dan PCM anorganik (seperti garam terhidrasi). Bahan-bahan berubah fasa atau selanjutnya dikenal dengan Phase Change Materials (PCM) yang seringkali disebut sebagai bahan-bahan yang dapat menyimpan panas laten adalah bahan yang mempunyai kemampuan untuk melepaskan energi panas yang sangat tinggi dalam jangka waktu yang cukup lama tanpa perubahan suhu (Zhaodi T, dkk, 2020)

Penyimpanan energi panas adalah salah satu metode paling efisien untuk menyimpan energi panas. Perpindahan energi panas terjadi saat bahan berubah bentuk dari padat ke cair atau dari cair ke padat. Hal ini dinamakan perubahan bentuk atau perubahan fasa. Awalnya pada PCM padat-cair ini terjadi hal seperti bahan penyimpanan konvensional dimana energi yang dilepaskan sesuai panas yang diserap. Tidak seperti halnya bahan penyimpan energi konvensional, PCM dapat menyerap dan melepaskan panas mendekati suhu konstan. pcm dapat melepaskan panas lebih 4-5 kali setiap satuan volume dibandingkan bahan penyimpan energi konvensional seperti air atau batu.

PCM merupakan satu cara penyimpanan energi panas yang paling efisien. PCM dapat digunakan untuk penyimpanan energi dan control temperatur. PCM menjadi menarik karena mempunyai kelebihan yaitu perbandingan yang cukup tinggi antara panas yang dilepaskan dengan variasi temperatur.

PCM termasuk material penyimpan panas latent. PCM ini menggunakan ikatan kimia untuk menyimpan dan melepas panas. Perpindahan panas ini terjadi ketika terjadi perubahan fasa pada PCM. Cara kerja PCM ini adalah temperatur dari PCM akan meningkat ketika pcm menyerap panas. Ketika PCM mencapai temperatur dimana PCM akan berubah fasa (titik leleh), PCM akan menyerap panas yang cukup besar tanpa bertambah temperturnya. Temperatur akan konstan sampai proses pelelehan berakhir. Panas yang diserap selama perubahan fasa inilah yang disebut dengan panas laten.

1.1.2 Jenis Phase Change Material

PCM umumnya dikategori kan menjadi dua kelompok yaitu Organik dan Anorganik. Kelompok PCM lainnya adalah Eutektik. Tetapi eutektik tidak dianggap sebagai kelompok utama karena dua alasan yaitu sangat sedikit PCM yang benar-benar Eutektik dan kebanyakan dari mereka dimodifikasi sebelum diaplikasi, sedangkan Organik dan Anorganik termasuk kelompok besar dan memiliki kelebihan dan kekurangan (Akeiber, H,2020).

Penyimpanan energi termal PCM membutuhkan suhu PCM di atas titik lelehnya dengan penyerapan panas pasif, yang memiliki keterbatasan besar dalam aplikasi aktual. Misalnya, suhu tidak dalam kisaran suhu transisi fase di banyak lingkungan ekstrim atau di bawah persyaratan khusus, sehingga PCM tidak dapat menyimpan dan

melepaskan energi panas secara efisien. Untungnya, PCM komposit yang mengandung material foto termal dapat dengan cepat merespons untuk menerangi dan secara proaktif mencapai persyaratan di lingkungan tertentu. Mereka bisa secara efisien dan tepat mengontrol proses penyimpanan energi, bukan secara pasif menyimpan energi panas dengan penyerapan panas, sehingga memenuhi peningkatan persyaratan dalam beberapa aplikasi spesifik di mana PCM berbasis termal tradisional melakukannya tidak berfungsi, seperti luar angkasa dan wilayah kutub (Zhaodi T, dkk, 2020).

1.1.1.1 Bahan Organik

Pcm organik dapat berupa alifatik atau organik lainnya. Umumnya PCM organik mempunyai rentang temperatur rendah. PCM organik mahal dan mempunyai rata-rata panas laten per satuan volume serta densitas rendah. Adapun PCM organik dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

a. Parafin

Parafin Secara kimiawi adalah kristalisasi parafin, (CH₃) yaitu melepaskan panas laten dalam jumlah yang baik. Karena tingginya biaya parafin, hanya parafin kelas teknis yang digunakan sebagai PCM. Parafin umumnya stabil di bawah 500oC dan tidak mengubah perubahan volume yang signifikan saat peleburan dan juga memiliki tekanan uap rendah dalam kondisi leleh. Alasan utama di balik kualifikasi parafin sebagai bahan penyimpanan energi adalah aksesibilitasnya dalam berbagai suhu. Mereka konsisten, aman, dapat diketahui, dan umumnya tidak korosif.

Parafin adalah jenis material berubah fasa organik dalam bentuk padatan dan juga cairan yang sering

digunakan sebagai material penyimpanan energi panas. Parafin termasuk hidrokarbon jenuh (nalkana) dengan formulasi kimia C_nH_{2n+2} . Titik pencairan parafin meningkat seiring peningkatan jumlah karbon yang begitu pula dengan sifat thermal bergantung kepada peningkatan jumlah karbon.

b. Non-Parafin

Non-Parafin yaitu Ada banyak bahan untuk penyimpanan energi perubahan fasa dalam kategori ini. Faktanya ini kategori terbesar untuk PCM. PCM organik non-parafin juga memiliki karakteristik yang menguntungkan untuk aplikasi bangunan termasuk panas fusi yang lebih tinggi, hingga 259 kJ/kg, ketersediaan di berbagai titik leleh, dari 7,80C hingga 127,20C, konduktivitas termal yang lebih rendah, dari 0,14 menjadi 0,17 W/m.K, dan tidak ada pendinginan super. Selain itu, mereka menunjukkan transisi fase padat-padat yang membuatnya unik dibandingkan dengan parafin (Ahmed H, dkk, 2016). Pada bahan organik menunjukkan bahwa terdapat cukup banyak ester, asam lemak, glikol dan alkohol yang dapat berfungsi sebagai penyimpanan energi panas laten. Asam lemak seperti asam kaprat, asam laurat, asam palmitat memiliki titik leleh antara 30-650C, memiliki kalor laten antara 150-180 KJ / KG. Asam ini juga menunjukkan perilaku leleh dan pembekuan yang baik tanpa pendinginan super. Formulasi asam lemak $CH_3(CH_2)_n.COOH$ menjadikannya berkualitas sebagai PCM berkualitas baik. Masalah utama yang terkait dengan asam lemak adalah 2-3 kali lebih mahal dan cukup korosif. Sifat korosif ringan bila digunakan sebagai PCM adalah kerugian lain dari asam lemak.

1.1.1.2 Bahan Anorganik

PCM Anorganik di klasifikasikan sebagai hidrat (salt hydrat) garam dan logam (metallic). PCM jenis ini tidak terlalu dingin dan panas peleburan tidak akan berkurang Selama perputaran

a. Hidrat garam

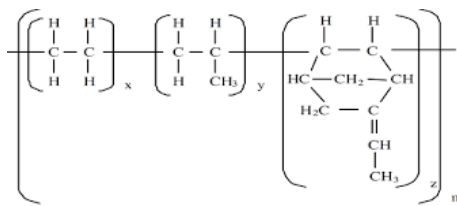
Hidrat garam adalah bahan yang sangat menarik untuk penyimpanan energi perubahan fasa berkat efektivitas biaya, konduktivitas termal yang lebih tinggi, dan perubahan volumetrik kecil untuk penyimpanan. Misalnya garam Glauber ($Na_2SO_4 \cdot 6H_2O$); yang memiliki titik leleh 32.40C dan panas laten yang sangat tinggi yaitu 254KJ / KG. Tetapi pemisahan fase dan pendinginan super cenderung membatasi penerapan praktisnya. Namun, beberapa zat pengental dan agen nukleat dapat digunakan untuk mengatasi masalah pemisahan fasa dan sub-pendinginan masing-masing. Hidrat garam dapat dilihat sebagai campuran garam anorganik dengan air membentuk padatan kristal tertentu dari formula umum $AB \cdot nH_2O$. Perubahan bentuk padat-cair dari hidrat garam merupakan sebuah proses dehidrasi dari hidrasi garam. Hidrat-hidrat garam biasanya meleleh menjadi sebuah hidrat garam dengan mol air yang sangat kecil.

b. Logam

Logam (*metallic*), jenis ini juga mencakup logam dengan titik leleh rendah dan campuran logam. Pcm jenis ini belum banyak menjadi perhatian sebab sangat berat. Namun, jika volume menjadi perhatian, jenis ini menjadi pilihan karena mempunyai panas peleburan laten per-satuan volume yang tinggi. Di samping itu mereka juga mempunyai konduktivitas panas tinggi sehingga tidak diperlukan tambahan bahan pengisi yang berat.

1.2 Karet Sintetis EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer)

EPDM adalah polimer elastomer (karet) yang disintesis dari monomer etilen, propilen dan diene, dikompon dengan carbon black, processing oils dan sejumlah curing agent dan stabilizing agent (EPDM Roofing Association). Karet etilena propilena (EPM) atau EPDM telah ditemukan di US dalam jumlah yang terbatas secara komersial pada tahun 1962. EPDM ini adalah karet berdasarkan klasifikasinya dalam standar ASTM D-1418. Senyawa tersebut umumnya memiliki rasio etilen yang tinggi (47-75%) dalam komposisinya, memberikan sifat pencampuran dan ekstruksi yang unggul. Fleksibilitas dan ketahanan terhadap cuaca dan panas menjadikannya bahan yang sangat baik untuk membrane. Karet EPM/EPDM sekarang ini adalah elastomer yang berkembang paling cepat (6% per tahun), yang di dukung dengan berdirinya beberapa pabrik di beberapa negara. EPM merupakan kopolimer sederhana etilena dan propilena, sedangkan EPDM adanya tiga komonomer yaitu suatu diena. Adapun struktur dari etilena propilena diena terpolimer (EPDM) adalah :



Gambar 2.1 Struktur EPDM (Morton, 1987).

Karet EPDM adalah suatu karet etilena propilena yang tidak jenuh, dimana mengandung diena terpolimer. Karet EPDM dapat divulkanisasi dengan sulfur. Karena posisi tidak jenuh dalam terpolimer letaknya di luar rantai utama, jadi sifatnya tahan

terhadap ozon, udara dan memiliki sifat listrik yang baik. Karet EPDM adalah suatu karet etilena propilena yang tidak jenuh, dimana mengandung diena terpolimer. Karet EPDM dapat divulkanisasi dengan sulfur. Karena posisi tidak jenuh dalam terpolimer letaknya di luar rantai utama, jadi sifatnya tahan terhadap ozon, udara dan memiliki sifat listrik yang baik.

1.3 Grafit (Graphene)

Graphene merupakan alotrop karbon dengan bentuk dua dimensi dan berikatan secara heksagonal. Graphene merupakan penyusun dasar dari alotrop karbon lainnya seperti grafit, arang, carbon nanotubes dan fullerenes. Panjang ikatan C – C pada grapheme sebesar 1,42 Å, dengan ikatan yang kuat dalam satu bidang lapisan tetapi lemah antar lapisan lain.



Gambar 2.2 Grafit

Graphene merupakan alotrop karbon dengan bentuk dua dimensi dan berikatan secara heksagonal. Graphene merupakan penyusun dasar dari alotrop karbon lainnya seperti grafit, arang, carbon nanotubes dan fullerenes. Panjang ikatan C – C pada grapheme sebesar 1,42 Å, dengan ikatan yang kuat dalam satu bidang lapisan tetapi lemah antar lapisan lain (Dresserhaus, M, 2010).

1.4 Teknologi Phase Change Material

Berbagai bentuk energi yang dapat disimpan termasuk energi mekanik, listrik, dan termal.

1.4.1 Penyimpanan Energi Mekanik

Sistem penyimpanan energi mekanik termasuk penyimpanan energi gravitasi atau penyimpanan tenaga air yang dipompa, penyimpanan energi udara terkompresi dan roda gaya. Teknologi penyimpanan tenaga air yang dipompa dan roda gaya dapat digunakan untuk penyimpanan energi utilitas skala besar, sedangkan roda gaya cocok dan lebih cocok untuk penyimpanan perantara. Penyimpanan dilakukan ketika daya off-peak yang murah tersedia, misalnya, di malam hari atau akhir pekan. Penyimpanan habis ketika daya diperlukan karena pasokan yang tidak mencukupi dari pembangkit beban dasar (Pudjiastuti W, 2011).

1.4.2 Penyimpanan Listrik

Penyimpanan energi melalui baterai merupakan opsi untuk menyimpan energi listrik. Baterai diisi, dengan menghubungkannya ke sumber arus listrik langsung dan ketika habis, energi kimia yang tersimpan diubah menjadi energi listrik. Aplikasi potensial baterai adalah pemanfaatan daya off-peak, leveling beban, dan penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin atau pembangkit fotovoltaik. Jenis yang paling umum baterai penyimpanan adalah asam timbal dan Ni-Cd (Sharma, dkk, 2009).

1.4.3 Penyimpanan Energi Termal

Penyimpanan energi panas pada dasarnya adalah penyimpanan energi panas yang tersedia untuk digunakan kembali selama kekurangannya. nilai penyimpanan energi panas yang paling signifikan adalah dapat mengatasi ketidaksesuaian antara penawaran dan permintaan energi. misalnya, dengan penyimpanan energi panas, energi matahari pada siang hari dapat disimpan untuk digunakan untuk memanaskan malam yang dingin, sedangkan kesejukan pada malam hari dapat digunakan untuk mendinginkan siang hari yang hangat. selain itu, dimungkinkan untuk menyimpan panas bulan-bulan musim panas yang hangat

untuk pemanasan di musim dingin, dan kesejukan musim dingin untuk pendinginan di musim panas. ini dikenal sebagai penyimpanan energi panas musiman, yang dapat membantu memenuhi kebutuhan energi yang disebabkan oleh fluktuasi suhu musiman. air dan es sering dianggap sebagai media penyimpanan yang disukai untuk pemanasan dan pendinginan. penyimpanan energi panas dapat meningkatkan pertukaran panas dan energi efisiensi bangunan dan dapat membantu mengurangi konsumsi bahan bakar melalui penggunaan peralatan dan sistem yang efektif yang memanfaatkan energi panas. selanjutnya energi yang terbuang percuma, dimana waktu pembangkitannya di energi dari periode permintaan termal, seperti pemanas matahari pasif dan aktif dan panas internal yang dihasilkan oleh penghuni, penerangan, memasak, dan peralatan, dapat dimanfaatkan melalui penyimpanan energi panas (Kenisarin, M,dkk, 2016).

KESIMPULAN

Pekerjaan ini memberikan metode untuk mempersiapkan PCM berbasis EPDM dengan sifat mekanik yang baik, konduktivitas termal dan entalpi yang besar. EG/OP70-EPDM digunakan sebagai kapasitor termal untuk menghasilkan panas air untuk gedung. SiO₂ aerogel pertama kali digunakan sebagai insulator termal untuk konversi foto-termal, dan menunjukkan insulatif termal yang bagus tingkah laku. Pengaruh isolasi dan lintasan tabung di PCM diselidiki secara numerik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PCM dapat memanaskan lebih dari 200 L air panas di siang hari. SiO₂ aerogel sangat bermanfaat isolasi termal. Struktur baru PCM/SiO₂ aerogel memiliki potensi besar dalam konversi foto-termal.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed Hassan, dkk (2016), Material Perubahan Fase Mikro-

Enkapsulasi: Tinjauan
Karakteristik Enkapsulasi,
Keamanan dan Termal.

- Akeiber, H.; Nejat, P.; Majid, M.Z.A.; Wahid, M.A.; Jomehzadeh, F.; Zeynali Famileh, I.; Calautit, J.K.; Hughes, B.R.; Zaki, S.A. (2016) A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 60, 1470–1497
- Kenisarin, M.; Mahkamov, K, (2016) Passive thermal control in residential buildings using phase change materials. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 55, 371–398.
- Konuklu, Y.; Ostry, M.; Paksoy, H.O.; Charvat, P. (2015) Review on using microencapsulated phase change materials (PCM) in building applications. *Energy Build*, 106, 134–155.
- Pudjiastuti W, (2011), *Jenis-jenis Bahan Berubah Fasa dan Aplikasinya*, Jakarta Timur, 2011
- Zhaodi Tang, Hongyi Gao, Xiao Chen, Yafei Zhang, Ang Li dan Ge Wang, (2020) *Material Perubahan Fase Komposit Multifungsi Tingkat Lanjut Berdasarkan Material Responsif Foto, Energi Nano.*
<https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105454>